

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FLUIDODINÁMICAS DE UNA PLUMA SOMETIDA A UN AMBIENTE ATMOSFÉRICO TURBULENTO.

D. G. François¹, J. Marañón Di Leo², J. S. Delnero³, J. Colman⁴

Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental (LaCLyFA) – Área Departamental Aeronáutica - Facultad de Ingeniería – UNLP. Calle 116 entre 47 y 48 – C.P. 1900 – La Plata – Buenos Aires

Tel./Fax 0221-4236679 e-mail: daniela.francois@ing.unlp.edu.ar

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo consiste en la caracterización de una pluma emitida desde una chimenea inmersa en una corriente de flujo incidente con características de una atmósfera urbana turbulenta preestablecida. Es el primer paso del estudio del proceso de difusión y dispersión de una pluma y como afecta al medio ambiente que la circunda. Se realizaron experimentos en túnel de viento caracterizado con un flujo turbulento adecuado para este fin. Se midió las características del campo del flujo turbulento corriente abajo de la chimenea con y sin exposición de la pluma, determinándose distribuciones de velocidades medias, intensidad de turbulencia y coeficientes de autocorrelación. Los resultados obtenidos permiten identificar el campo del flujo, estableciendo sus características turbulentas, escalas e intermitencia. En una segunda etapa se prevé el análisis de otras configuraciones incidentes, luego esto permitirá determinar las características de difusión y dispersión de partículas en el medio ambiente.

Palabras clave: atmósfera, pluma, turbulencia, dispersión, difusión.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo consiste en la caracterización de una pluma emitida desde una chimenea la cual se encuentra inmersa en una corriente de flujo incidente con características propias de una atmósfera urbana preestablecida (Schatzmann et al, 1999; Feddersen et al, 2004). El propósito de esta caracterización consiste en poder estudiar el proceso de difusión y dispersión de la pluma y como la misma afecta al medio que la circunda (Alvarez y Alvarez et al, 2004; Kaczaluba et al, 2005).

Durante las últimas décadas las regiones densamente urbanizadas han ido experimentando un deterioro de la calidad del aire asociado al incremento de emisiones de contaminantes atmosféricos. Es especialmente en las grandes ciudades donde este fenómeno se acentúa en un grado más elevado. Sin embargo, las regiones urbanizadas no han sido las únicas afectadas por este problema. En las zonas rurales se ha detectado también un deterioro en la calidad del aire. El transporte, la transformación, la dispersión y la deposición de contaminantes primarios emitidos desde zonas urbanas e industriales son los mecanismos responsables del empeoramiento de la calidad del aire en ambientes rurales (Hanna et al, 1982).

Los contaminantes atmosféricos son especies químicas que en concentraciones más elevadas de las usuales pueden ser dañinas para la salud humana, animal y vegetal. El incremento en la concentración de estas especies se debe a procesos naturales y sobretodo a actividades antropogénicas. Las emisiones de origen antropogénico juegan un papel cada vez más importante en los problemas de contaminación atmosférica, ya que, han experimentado un incremento gradual y sostenido durante la última mitad del siglo XX.

La emisión de contaminantes primarios (SO_2 , materia particulada, NO_x , etc.) a la atmósfera contribuye a la producción de especies químicas secundarias que deterioran la calidad del aire significativamente. Por ejemplo, la reacción fotoquímica entre óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos reactivos puede producir ozono (O_3) en niveles superficiales que puede inducir a la formación de la niebla fotoquímica (smog, smoke+fog) en zonas urbanizadas (Perloff, 1973). Sin embargo, el impacto que ocurre en una región concreta no solo depende de las emisiones atmosféricas que se produzcan en esa zona, sino que depende de una compleja relación entre diferentes mecanismos de transporte, dispersión, reacción y deposición que engloban todos los procesos atmosféricos. Por ello los estudios de la contaminación atmosférica se pueden afrontar desde distintos enfoques en función del mecanismo a analizar.

El flujo de la baja capa límite atmosférica es esencialmente turbulento, con excepción de aquellas situaciones en donde el viento es de muy pequeña magnitud, permitiendo una estratificación de densidades y temperaturas con la altura. Las presentes investigaciones se concentran en el estudio de la turbulencia en ambientes urbanos en donde los vientos locales son suficientemente fuertes para destruir las estratificaciones en altura mencionadas.

¹ Becaria CIC

² Investigador Adjunto CONICET

³ Investigador Asistente CONICET

⁴ Investigador del LaCLyFA

La aproximación moderna a los flujos turbulentos conlleva considerar estadísticamente sus aspectos aleatorios y considerar las evoluciones y características geométricas y dinámicas de los patrones de flujo de las principales estructuras coherentes que gobiernan un determinado problema fluidodinámico.

Se ha encontrado que las estructuras coherentes cumplen un rol fundamental (Lumley, 1981; Hussain, 1986; Leibovich, 1992) en los flujos turbulentos. Estas estructuras no sólo intervienen significativamente en procesos de transporte a sus escalas, sino que también activan la velocidad de los intercambios de materia y energía entre movimientos turbulentos de escalas mucho menores que las de las propias estructuras coherentes (Piomelli et al., 1996; O'Neil y Meneveau, 1997; Kang y Meneveau, 2002).

Las características de estas estructuras coherentes están estrechamente ligadas a las formas de edificios, fachadas, distribución espacial y en altura de las construcciones, de las características de los paisajes y de las plantaciones. Las escalas urbanas y rurales de este estudio comprenden eventos que transcurren en un rango que va desde 1 metro a 10 kilómetros. Ello incluye desde las escalas correspondientes a formas y detalles arquitectónicos de edificios aislados y sus componentes (formas y características de plantas aisladas), pasando por las escalas algo mayores de los corredores urbanos (flujo entre conjuntos edilicios), hasta escalas mas grandes correspondientes a enfoques globales (Hosker, 1987).

Estas estructuras gobiernan los procesos de transporte, difusión y mezcla atmosférica determinando, en particular, parámetros tan importantes como la capacidad local de dilución de contaminantes (Daozeng, 1991; Khan et al, 2005).

Un adecuado conocimiento de las estructuras coherentes del ambiente urbano y rural y las posibilidades de su control permitirá que los especialistas en medio ambiente encaren, en el marco de una cooperación interdisciplinaria con fluidodinamicistas, maneras más eficientes tendientes a evitar y/o morigerar la problemática de la emisión y dispersión de contaminantes, y sus potenciales efectos sobre la salud de la población circundante.

METODOLOGÍAS UTILIZADAS

Para llevar adelante las mediciones se definió un modelo de una chimenea a escala dentro del túnel de viento de capa límite. La misma presentaba una altura de 450 mm. (h). Lo cual representa un esquema correspondiente a una escala aproximada de 1:100, para caso promedio. Con el fin de generar un flujo saliendo de la boca de la misma se construyó un sistema especial conformado por un compresor axial en conjunto con un recipiente aliviador, el mismo estaba conectado a la parte inferior de la chimenea fuera de la sección de prueba del túnel de viento (ver Figura 1).

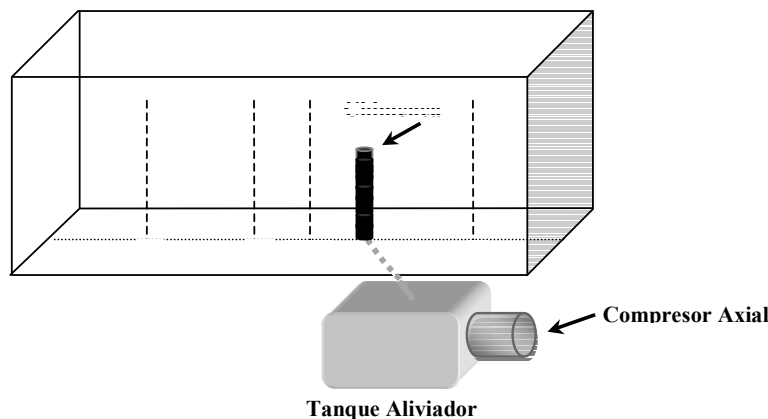


Figura 1: Esquema de medición en la sección del túnel de viento.

Las mediciones se realizaron mediante un anemómetro de hilo caliente a temperatura constante (CTA), modelo Streamline de Dantec, que posee la capacidad de realizar mediciones simultáneas de hasta 6 canales. Se empleó un sensor de hilo caliente del tipo X, que permite determinar dos componentes simultáneas de la velocidad en un plano preestablecido (modelo 55R51). Se midieron las componentes fluctuantes de la velocidad incidente a una frecuencia de muestreo de 600 Hz, con un filtro pasa bajo de 300 Hz (Bruun, 1995).

El túnel de viento empleado para las mediciones fue un túnel de viento de capa límite a circuito cerrado, con una sección de prueba de 1400 mm. de ancho y una altura de 1000 mm. con un rango de velocidades admisibles de 0 a 20 m/seg. Sobre el piso del túnel se dispusieron elementos de rugosidad que permiten “simular” las rugosidades superficiales típicas de ambientes urbanos y semi-urbanos.

Para realizar una caracterización precisa del flujo corriente abajo de la chimenea se determinó un esquema de mediciones definiendo cuatro posiciones, a una distancia igual a 1h delante de la chimenea y 1/2h, 1h y 2h detrás de la misma. En estas ubicaciones se realizaron mediciones en la dirección vertical obteniéndose las distribuciones verticales de las velocidades fluctuantes. Además, se realizaron mediciones de las distribuciones transversales de la velocidad en la sección de prueba en las mismas posiciones previamente definidas. En cada posición se midieron velocidades instantáneas, mediante el anemómetro de hilo caliente, cada 10 mm distribuidos verticalmente detrás de la chimenea y cada 10 mm distribuidos horizontalmente a la altura de 450 mm, que es la altura de la chimenea y por ende donde se encuentra la salida de la pluma. De esta manera se realizó la caracterización del campo de flujo en el entorno de la chimenea con y sin emisión de flujo desde

la misma (Kastner-Klein y Rotach, 2004). Todas las mediciones se realizaron para dos velocidades medias de flujo incidente, estas son para 2 y 5 m/seg. Su propósito fue evaluar cómo afecta a la dispersión y difusión de la pluma, la velocidad relativa entre la atmosfera circundante y la de emisión de los gases. La velocidad de salida del flujo de la chimenea fue 8 m/seg., siendo que en las chimeneas industriales las velocidades de emisión van desde 5 a 17 m/s.

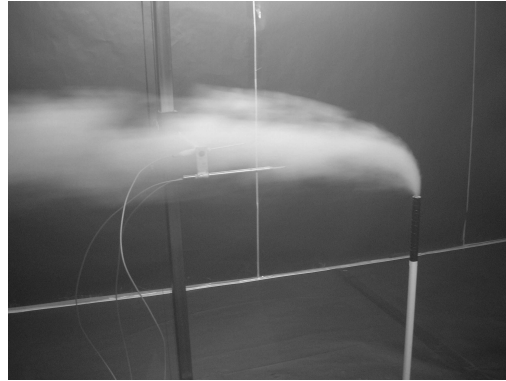


Figura 2: Visualización de la pluma en túnel de viento.

En la Figura 2 mostramos una imagen de las visualizaciones realizadas en el túnel de viento que se utilizaron para establecer los alcances de la pluma en el campo de flujo.

RESULTADOS

A continuación presentamos los resultados obtenidos de las mediciones realizadas. En primera instancia se presentan las distribuciones de velocidades medias. Las curvas obtenidas para las mediciones con velocidad de flujo incidente de 5 m/seg. y 2 m/seg muestran un comportamiento similar, por lo que solo se presenta y analiza el resultado obtenido para la velocidad media incidente de 5 m/seg. Dado que las variables fluidodinámicas suelen adimensionalizarse con ayuda de escalas características del flujo, los resultados corriente abajo (intensidad de la turbulencia; escalas del flujo; distribución de velocidades instantáneas) serán prácticamente independientes de la velocidad media de ensayo en el túnel de viento, a partir de velocidades medias iguales o superiores a los 2 m/s. Cabe mencionar que la velocidad de referencia es la medida corriente arriba de la chimenea a una distancia suficiente para que no esté expuesta a efectos del modelo. En todos los gráficos se denota con *sh* a las mediciones realizadas sin emisión de flujo de la chimenea y *ch* a las mediciones realizadas con emisión de flujo.

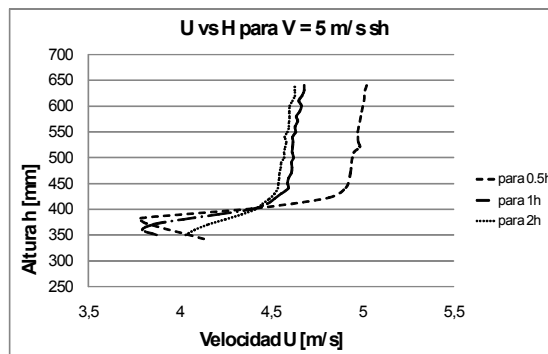


Figura 3: Distribución en altura de la componente longitudinal de la velocidad media (*U*) en las distintas posiciones corriente abajo sin la presencia de la pluma.

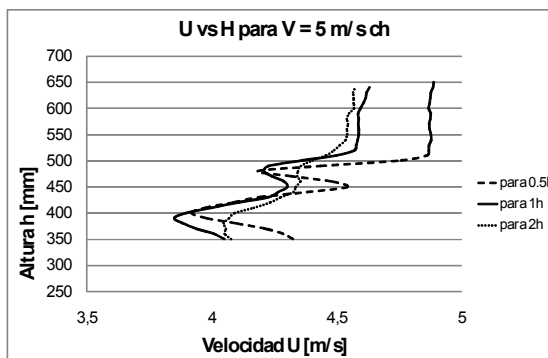


Figura 4: Distribución en altura de la componente longitudinal de la velocidad media (*U*) en las distintas posiciones corriente abajo con la presencia de la pluma.

En las Figuras 3 y 4 la distribución de U (componente longitudinal de la velocidad incidente) en altura para el caso sh muestra que las curvas para las 3 posiciones detrás de la chimenea se mantienen prácticamente constantes hasta una altura un poco por debajo de 450 mm, siendo esta la altura de la chimenea. Luego, para alturas menores la velocidad media longitudinal del flujo decrece demostrando que el mismo se ve frenado y re direccionado por la presencia de la chimenea corriente arriba.

Para el caso con emisión de flujo (ch) desde la chimenea se observa como la velocidad para la altura de aproximadamente 470 mm disminuye por la salida de flujo desde la chimenea lo que demuestra que la misma frena la corriente incidente. Este efecto se observa con mayor intensidad para la distancia de $1/2h$ y va disminuyendo a medida que nos alejamos de la chimenea. La composición de las velocidades del flujo incidente y del chorro generado por la chimenea, se muestran como una disminución de la velocidad medida corriente abajo.

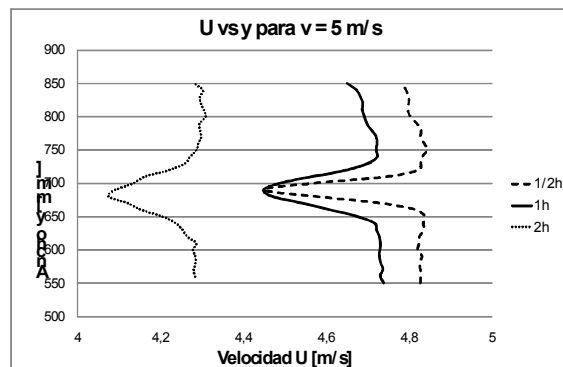


Figura 5: Distribuciones transversales de la componente longitudinal de la velocidad media (U) en las distintas posiciones corriente abajo con la presencia de la pluma, medidas a la altura de la misma.

En la Figura 5 se representa la distribución transversal de velocidad media longitudinal. En el eje de ordenadas se muestra la posición transversal en la sección de prueba del túnel de viento, correspondiendo el cero a la ubicación de la pared izquierda y 1400 a la posición de la pared derecha. Las mediciones se realizaron en un rango de posiciones que va desde los 550 a los 850 mm. desde la pared izquierda, abarcando, en forma extensa, la zona en la cual se desarrollaba la estela de la pluma, según se vio en las visualizaciones realizadas con humo. La chimenea se ubicaba en la posición 700 mm, es decir en el centro de la sección de prueba. Se puede observar, en la distribución de las velocidades antes mencionada, que la misma es simétrica, como era de esperar, indicando el alcance lateral de la estela turbulenta que representa la pluma, mostrando una nítida imagen de la misma en el campo del flujo turbulento incidente. Aquí se observa también más claramente como la velocidad decrece hacia el eje de la pluma (posición de 700 mm.) y el ancho de la estela aumenta a medida que nos alejamos de la chimenea. Además se puede ver que el pico mínimo de la velocidad en dicho eje va decreciendo a medida que nos desplazamos hacia atrás de la chimenea. De estas imágenes se desprende una muy buena caracterización transversal de la evolución de la pluma corriente abajo, mostrando la forma en que se va difundiéndose y perdiendo energía, dando una idea del alcance que tendría la mezcla de los gases contaminantes que expeliera en el campo del flujo circundante en el ambiente.

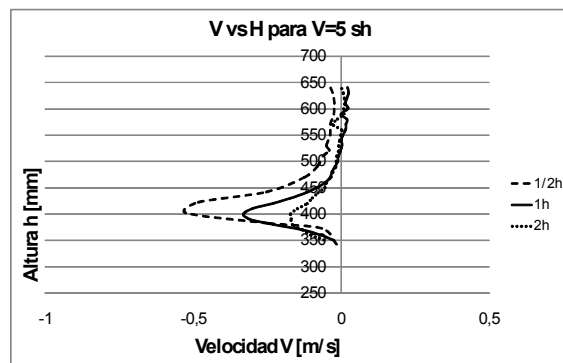


Figura 6: Distribución en altura de la componente vertical de la velocidad media (V) en las distintas posiciones corriente abajo sin la presencia de la pluma.

En las Figuras 6 y 7 presentamos los cambios de la componente vertical de las velocidades medias en altura, igual que antes en las distintas posiciones corrientes abajo de la chimenea con y sin aparición de la pluma. De las gráficas no se observan diferencias importantes entre la distribución de velocidad vertical con emisión y sin emisión de aire desde la chimenea. Como se puede ver aparecen en casi toda la altura medida valores negativos de la componente vertical de la velocidad media, es decir que el campo del flujo presenta un valor neto descendente, esto es debido a la caracterización turbulenta del flujo incidente en la sección de prueba. Aunque se observa que la intensidad de la velocidad negativa pico disminuye para el caso con emisión de aire debido a la inyección de flujo con velocidad positiva desde la chimenea. Ambas distribuciones de velocidades son similares arriba de los 500 mm., lo que implica que se está fuera de la estela. También se observa que, para ambos casos, a medida que nos alejamos de la chimenea la magnitud de la velocidad negativa disminuye ya que los efectos

de su interferencia tienden a disiparse. En la distribución horizontal de velocidad vertical V se observa el mismo comportamiento que para el caso de velocidad longitudinal. Figura 8.

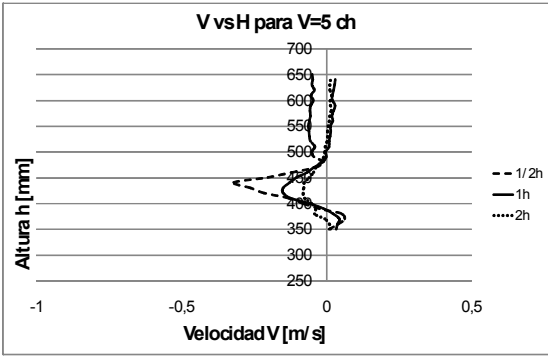


Figura 7: Distribución en altura de la componente vertical de la velocidad media (V) en las distintas posiciones corriente abajo con la presencia de la pluma.

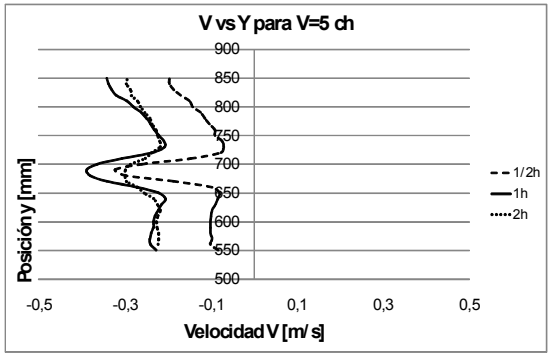


Figura 8: Distribuciones transversales de la componente vertical de la velocidad media (V) en las distintas posiciones corriente abajo con la presencia de la pluma, medidas a la altura de la misma.

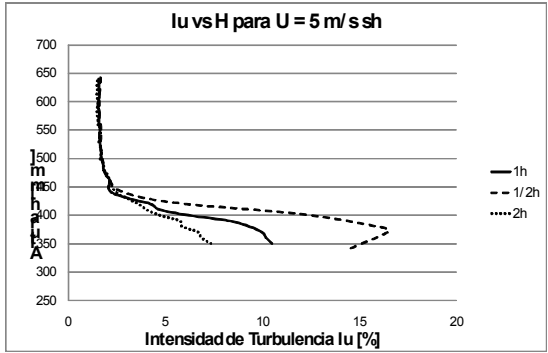


Figura 9: Distribución en altura de la intensidad de turbulencia de la componente longitudinal de la velocidad (U) en las distintas posiciones corriente abajo sin la presencia de la pluma.

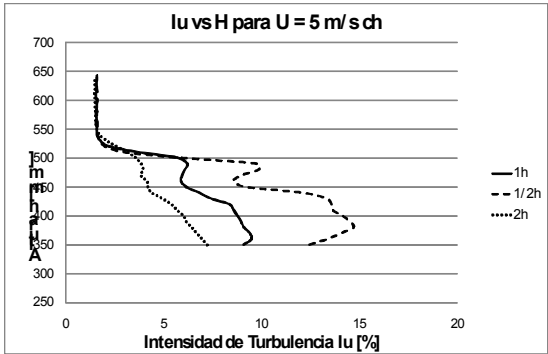


Figura 10: Distribución en altura de la intensidad de turbulencia de la componente longitudinal de la velocidad (U) en las distintas posiciones corriente abajo con la presencia de la pluma.

En las Figuras 9 y 10 se observa la distribución de intensidad de turbulencia en altura para el caso con y sin pluma. En el caso sin pluma la distribución de intensidad de turbulencia coincide completamente hasta la altura de 450 mm para las tres posiciones medidas, pero por debajo de este punto la magnitud de la misma aumenta siendo mayor a medida que más cerca se este de la chimenea. Para el acaso con emisión de flujo se puede ver que la distribución de intensidad de turbulencia se ve modificada respecto del caso sin pluma en el rango de alturas desde 430 a 550 mm. Lo que indica que en esas alturas se encuentra la estela de la pluma.

Posición	Iu sin pluma	Iu con pluma	Incremento de Iu
½ h	1.815	9.795	5.39
1h	1.829	6.24	3.41
2h	1.859	3.871	2.08

Tabla 1: Comparación del máximo de la intensidad de turbulencia con la pluma y sin la pluma a 450 mm en las distintas posiciones.

La Tabla 1 refiere a la máxima intensidad de turbulencia en la región de la pluma corriente abajo de la chimenea mostrando un importante incremento en la intensidad de turbulencia, esperable en una estela generada de esta manera. Esto muestra una importante intermitencia en el flujo, la cual es responsable de la estabilidad de la pluma previa a su difusión en el medio donde se encuentra. Finalmente, se calcularon autocorrelaciones dentro y fuera de la estela para poder determinar la variación de las escalas de la turbulencia (Hinze, 1975; Bruun, 1995).

La escala integral de tiempo se define como $T = \int_0^{\infty} c(t) dt$ sin embargo este valor se puede estimar por medio de tres criterios. El primer criterio es cuando la curva $c(t)$ presenta el primer cruce por cero. El segundo, en prolongar la pendiente inicial hasta el cruce con cero. Y por último, el tercer criterio consiste en definir la escala integral como el valor de T para el cual la autocorrelación alcanza el valor de $1/e \approx 0.367$. El criterio a emplear para determinar T depende de la forma de la curva en cuestión. En este caso se optó por el tercer criterio.

La escala integral espacial L de la turbulencia, se define como $L = \int_0^{\infty} c(r) dr$. Aunque, en la práctica se aplica la hipótesis de Taylor de “Flujo Congelado”, mediante la cual se obtiene la escala espacial a través de la escala temporal mediante $L = TU$, siendo U la velocidad media de la corriente (Hinze, 1975).

De los resultados obtenidos se puede mencionar que fuera de la estela la autocorrelación temporal, a la altura de 450 mm y 220 mm a la derecha de la chimenea en las 3 distancias detrás de la misma, no mostro cambios sustanciales en la escala temporal, como era de esperarse. Dentro de la estela se evaluó en las tres posiciones detrás de la chimenea a la altura de 450 mm.

En las Figuras 11, 12, 13 y 14, se presentan los gráficos correspondientes a los coeficientes de autocorrelación en los puntos mencionados previamente.

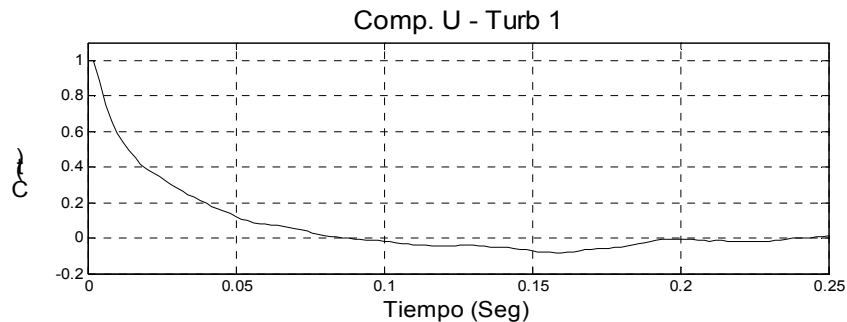


Figura 11: Coeficientes de autocorrelación para la componente fluctuante longitudinal fuera de la estela.

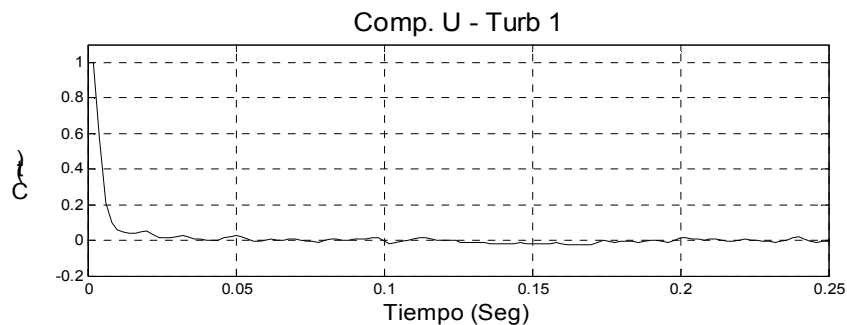


Figura 12: Coeficientes de autocorrelación para la componente fluctuante longitudinal dentro de la estela a ½ h.

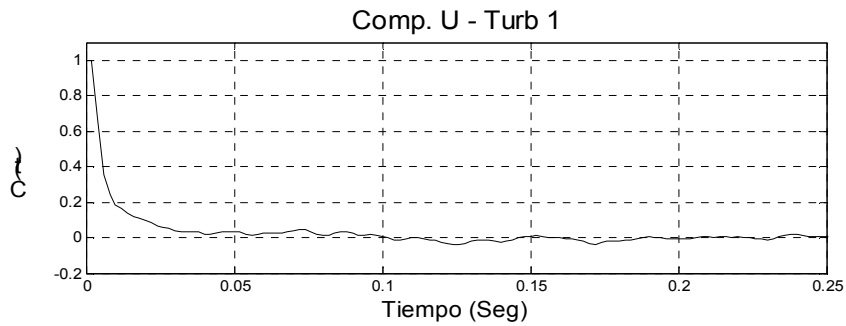


Figura 13: Coeficientes de autocorrelación para la componente fluctuante longitudinal dentro de la estela a 1 h.

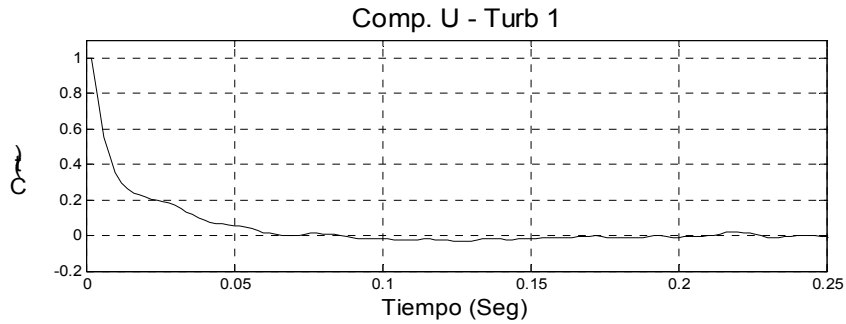


Figura 14: Coeficientes de autocorrelación para la componente fluctuante longitudinal dentro de la estela a 2 h.

Los valores de las escalas obtenidas de los cálculos realizados se presentan en la Tabla 2

Posición	T (escala temporal) [seg]	L (escala espacial) [m]
1/2h	5×10^{-3}	0,025
1h	6×10^{-3}	0,03
2h	1×10^{-2}	0,05
Fuera de la Estela	2×10^{-2}	0,105

Tabla 2: valores de las escalas temporal y espacial de la turbulencia para las distintas posiciones en la estela y fuera de la misma.

De los resultados anteriores se observa que la escala espacial de las estructuras turbulentas presentes en la estela son un poco menores que la mitad de las estructuras presentes en la corriente libre.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten definir claramente la característica de la pluma en forma experimental, habiéndose obtenido las escalas particulares de la turbulencia que la definen (Boldes et al, 2001). Los valores obtenidos presentan una solución esperable para el fenómeno en cuestión, por lo cual se ha logrado en forma satisfactoria el objetivo propuesto para esta primera etapa.

Se consiguió caracterizar en forma precisa la pluma generada mediante las mediciones realizadas corroborando las visualizaciones previas con humo de la misma.

Las disminuciones detectadas de la velocidad media aguas debajo de la chimenea probablemente se deban a la particular estructura del flujo producido por la chimenea (cilindro) y su interacción con el flujo libre. No obstante es una cuestión que amerita un estudio posterior, como los que están en curso en estos momentos.

A partir de este estudio inicial, el siguiente paso correspondería al análisis del desarrollo de la misma pluma sometida a un campo de flujo circundante con características turbulentas diferentes en cuanto a las escalas turbulentas involucradas. Esto permitirá un análisis global de la evolución de la pluma en distintas condiciones del entorno, y a futuro un estudio de sus características de dispersión y difusión que nos brindarían la posibilidad de establecer de qué manera la misma podría difundir y dispersar en el entorno de la torre gases que fueran de tipo contaminante (Marañón et al, 2004).

REFERENCIAS

- Alvarez y Alvarez G. M., Natalini M. B., Wittwer A. R. (2004). Estudio de procesos de difusión de gases contaminantes en la atmosfera mediante la técnica de visualización. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. T-021
- Boldes U., Colman J., Gravenhorst G., Marañón Di Leo J. y Scarabino A. (2001). Identification of aspects of turbulent structures within a pine forest from field observations, en 3er European and African Conference on Wind Engineer. Eindhoven, Holland.
- Bruun H. H. (1995). Hot – Wire Anemometry, Principles and Signal Analysis. pp 184-191. Oxford University Press. New York.
- Daozeng W. (1991). Effects of turbulent coherent structure on plume diffusion in atmosphere boundary layer. Acta Mechanica Sinica, Vol. 7, N°4.
- Feddersen B., Leidl B., Rotach M.W., Schatzmann M. (2004). Wind tunnel modeling of urban turbulence and dispersion over the City of Basel (Switzerland) within the BUBBLE project. Fifth Symposium on the Urban Environment (AMS), Vancouver, Canada, 23–28. August 2004.
- Hanna S. R., Hosker R. P. Jr. y Briggs G. A. (1982), Handbook on Atmospheric Diffusion. U.S. Dept. of Energy Tech. Info. Center, Oak Ridge, TN, DOE/TIC-11223. Avail. NTIS, Springfield, VA, as DE82002045 102 pp.
- Hinze J. O. (1975) Turbulence. Second edition. Mc Graw-Hill ppp (análisis de autocorrelacion).
- Hosker R. P Jr. (1987). The effects of buildings on local dispersion. In: Modeling the Urban Boundary Layer. Am. Meteorol. Soc. pp. 95–159.
- Hussain A. K. M. F. (1986). Coherent structures and turbulence. Journal of Fluid Mechanics 173, 303.
- Kaczaluba D. N., Marighetti, J., Natalini M. B., Wittwer A. y Alvarez y Alvarez G. (2005). Desarrollo y ensayo de un modelo de fuente de emisión de contaminantes lineal y de baja altura en túnel de viento. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. T-060.
- Kang H. S. y Meneveau C. (2002). Universality of LES model parameters across a turbulent wake behind a heated cylinder. J. Turbul. 3, 032
- Kastner-Klein P. y Rotach M. W. (2004). Mean flow and turbulence characteristics in an urban roughness sublayer. Bound-Layer Meteor 111, 55–84
- Khan I. M., Simons R. R. y Grass A. J. (2005). Upstream turbulence effect on pollution dispersion. Environmental Fluid Mechanics 5, 393-413.
- Leibovich S. (1992). Structural Genesis in Wall Bounded Turbulent Flows. In T. B. Gatski, S. Sarkar and C. G. Speziale , editors, Studies in Turbulence , pp. 387-411, Springer Verlag, New York.
- Lumley J.L. (1981). Coherent Structures in Turbulence. In R. E. Meyer, editor, Transition and Turbulence, Academic Press, Mathematics Research Center Symposia and Advanced Seminar Series, New York
- Marañón Di Leo J., Ragaini J. C., Reyna Almandos J. Rosato M. Sacchetto V. Scarabino, A., „Boldes U Colosqui C., Colman Delnero S. Air concentrations of SO₂ and wind turbulence near La Plata petrochemical pole (Argentina). Latin American Applied Research 34, 55 – 58, (2004).
- O’Neil J. y Meneveau C. (1997). Subgrid-scale stresses and their modelling in a turbulent plane wake. Journal of Fluid Mechanics 349, 253.
- Perloff Harvey (1973). La calidad del medio ambiente urbano. Colección de Urbanismo Oikos-Tau, Barcelona.
- Piomelli U., Yu Y. F. y Adrian R. J. (1996). Subgrid-scale energy transfer and near-wall turbulence Structure. Physics of Fluids 8, 215.
- Schatzmann M., Duijm N. J., Rafailidis S. (1999). Wind tunnel experiments. In: Fenger J, Hertel O, Palmgren F (eds) Urban air pollution – European aspects. Elsevier Sci Publ, ISBN 0-7923-5502-4: pp. 261–276.

ABSTRACT

The main objective of this work is to characterize a chimney plume immersed in a turbulent urban atmospheric flow. It is a first step in the study of the dispersion and diffusion of plume, and its environmental effects. Experimental determinations were done into a boundary layer wind tunnel characterized with a specific turbulent flow. The flow pattern down stream was determinate. Measurements with and without the plume were made, specifically mean velocities distributions, turbulent intensities and autocorrelation coefficients. The results showed the flow pattern surrounding the chimney, including its turbulent characteristics, intermittency and scales. In a second step an analysis of other turbulent configurations will be made, in order to determinate the dispersion and diffusion characteristics of contaminants.

Keywords: atmosphere, plume, turbulence, dispersion, diffusion.